三重大学 Mie University Scholarly E-collections
学術機関リポジトリ 研究教育成果コレクション

Departmental Bulletin Paper / 紀要論文

自動計測システムを使ったヴィスコスフィンガリングの実験

山本, みどり

技術職員による技術報告集. 2006, 14, p. 44-46.

http://hdl.handle.net/10076/10106

自動計測システムを使ったヴィスコスフィンガリングの実験

計測・制御グループ　　山本　みどり

[緒言]

水平に設置したヘレーショウセルの中で、高粘性流体に低粘性流体を注入するヴィスコスフィンガリングの実験では、２流体の界面がさまざまなパターンを描きながら拡がっていくのが観察される。このパターンの成長過程のビデオ録画と注入圧力の測定を行い、その画像データと圧力データから、高分子水溶液－水系のフィンガリングの実験について知見を得ることを目的とし、自動計測システムを導入した。それにより圧力値の測定点数の増強を果たすことができたが、低粘性流体の注入に使うシリンジポンプの動作に伴う脈動までも敏感に捉えてくることが分かった。ノイズの乗らない注入圧力を測定するために、シリンジポンプの動作による脈動を軽減する対策を考え、実行した経過について報告する。

[実験]

通常の実験は、高粘性流体に 0.5g/100mL と 1.0g/100mL の HPMC（信越化学工業㈱SH-4000）水溶液を用い、低粘性流体には高粘性流体とコントラストをつけるためにメチレンブルーで着色した水を用いた。２枚のガラス板を 0.5mm の隙間を空け、水平に設置したヘレ-ショウセル中央の注入口から、高分子水溶液を直径 20cm の円形に注入し、30 分静置ののち、水を注入してヴィスコスフィンガリングの実験を行った。水の注入はシリンジポンプを使い、その注入速度は、5、10、20、30、40、60、80mL/min に調整した。低粘性流体の注入、成長するパターンのビデオ録画、注入圧力値の取込みを、自動計測システム（図１、昨年の技術発表会において計測・制御グループで報告）を使い行った。このシステムでフィンガリングの実験を行うと、図２に示すようなデータを得ることができる。

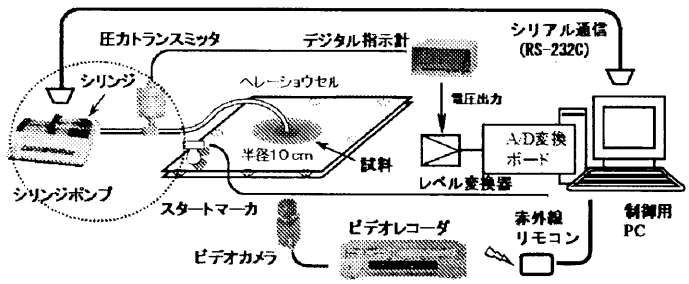

図１.　実験装置概観

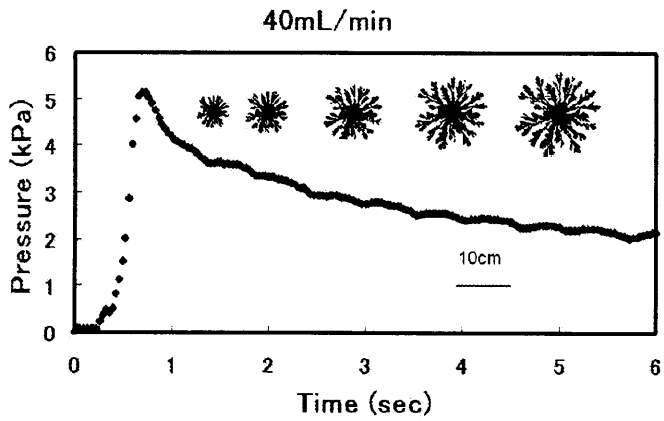

図2.　1g/100mLのHPMC水溶液に40mL/minで水を注入したときのフィンガー成長と注入圧力変化

脈動の対策のための実験は、注入速度を最高の80mL/minにして、ヘレーショウセルに水を注入し、そのときの圧力変化を測定した。２回、同じ条件で圧力値採取をして、改善されたことを確認した方法を採用した。最初は、１秒当たり 30 回の圧力値採取を、5 秒間して比較をしていたが、改善するうちに差が顕著に出なくなってきたので、20 秒間に延長した。

[結果と考察]

今回の報告は図１の円内範囲で行った改良で、まず脈動を軽減するために、防振ゴムの上にシリンジポンプを設置し、防振ゴムの種類や置き方を少しづつ変えて、5 秒間水の注入圧測定を行った。シリンジが空になると注水し、というように何度も繰り返していると、シリンジの 50mL 位置まで水を満たし実験を開始するときが、圧力値の変動が小さかった。以後、50mL まで満たした状態で測定を開始することにした。また使用したシリンジポンプ(図３)はシリンジが 2 本取り付けられる 2 連式で、背面側より前面側位置にシリンジを固定する方が、多少であるが脈動が小さいようであった。ここまでの改良で水の注入圧変化は図４のようになった。

通常の実験ではテルモ社の 50mL のプラスチックシリンジを使用している。ガラスのシリンジだとプラスチックのシリンジより、なめらかに動くのではないかと期待して使ってみた。結果は図５のようになり、ガラスの厚みで、シリンジの固定がしっかりとできないことが原因で、大きな変動が入った。取扱説明書にも、ガラスシリンジは厚みのためこうしたことが起こると記載されていることに後から気がつき、不必要な失敗実験をしてしまった。次に、2 連式のシリンジポンプであればシリンジを 2 本使う方が良いはず、というアドバイスを受け、実行してみた。50mL 位置まで水を満たしたシリンジを 2 本取り付け、片方の水は図９左のように廃棄したところ、若干変動が小さくなり効果のあることが分かった。(図６)

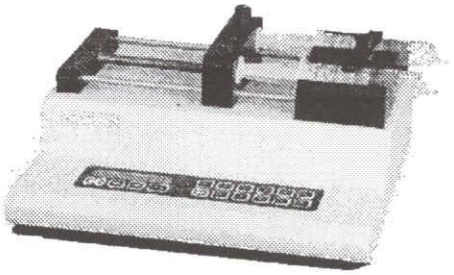

図３． シリンジポンプＫＤＳ社 **200** 型

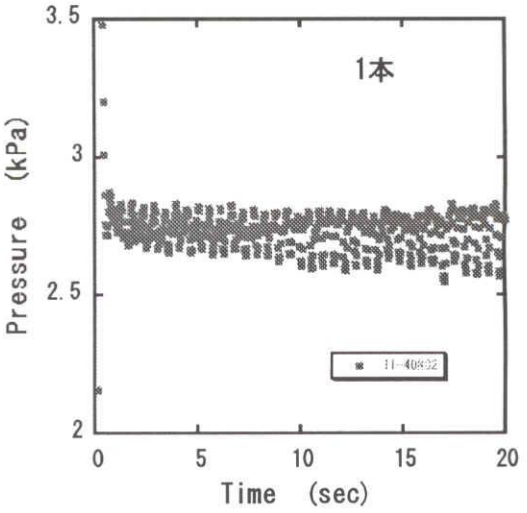

図４． 水を **80mL/min** で注入時の圧力変化

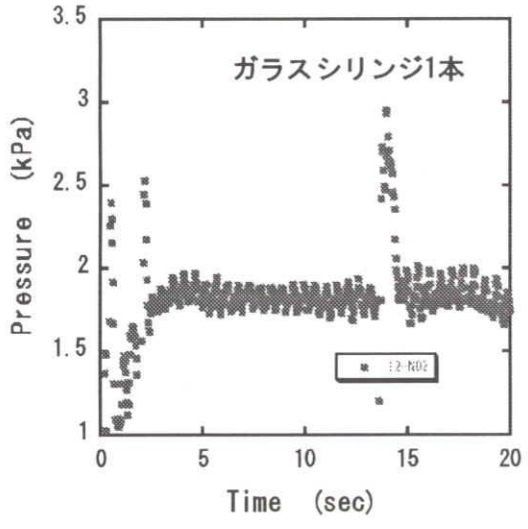

図５． ガラスシリンジで注入時の圧力変化

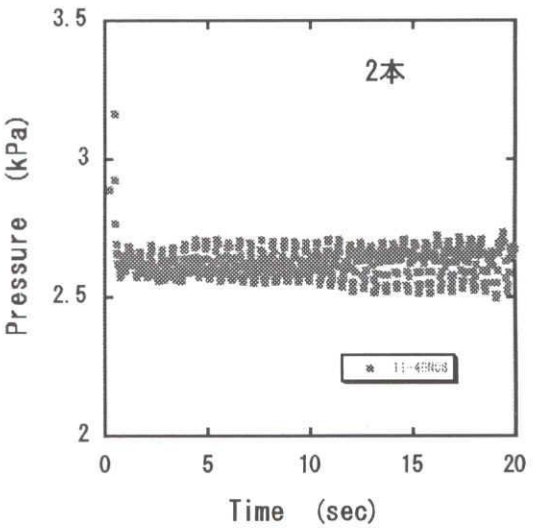

図６． プラスチックシリンジを **2** 本セット

以前より複数の人からアドバイスを受けていた、圧力トランスミッタの宙吊化を実現した。圧力トランスミッタをmm単位で上下させ位置を決める必要があったので、完全な宙吊化はなかなか実現できずにいた。9 月の技術職員研修に使ったあと、また実験室に戻ってきた接写用のコピースタンドを何かに使えないかと見ていたところ、上下動が可能なので圧力トランスミッタを吊るすのに利用できそうな気がしてきた。取り付けてみたところ腕が出ているので簡単に宙吊り状態になり、さらに上下左右の微調整まで付いていて、特に工夫もなく注入圧力の変動をかなり軽減することができた。(図 7)

ここまでの改良について研究室の報告会で発表したところ、2 本のシリンジを合流させて注入してはどうかというアドバイスを得た。注入速度 80mL/min を 40mL/min にできるので、かなり期待できそうと思うより、複雑な脈動になるのではと危惧したが、とりあえず実行に移した。圧力トランスミッタの宙吊り効果もあり、クリアで振幅も小さくなっていることが分かった(図 8、図 9 右)。図 4 と図 8 を比べると明らかに脈動を軽減することができたといえる。しかし、このままでは自分の工夫はないに等しいので、何かいい案はないかと考えてみた。1 つ思いついたのは、シリンジポンプと圧力トランスミッタの間に水の貯留池を設けることで、脈動が多量の水によって吸収または緩和されるのではないかというもので、間に合わせに 100mL のシリンジとゴム栓を使って試した。脈動の振幅を減らす可能性があるように思えたので、利用するのにちょうど良い形をしている市販のガラス器具を購入し使った。この方法は流路の接続が複雑になり、泡を抜くのが容易でなかったため、まだ接続方法を変更中であり、2 本のシリンジを使って通常の実験を行うところまでは到達していない。有益な助言をしてくださった方々に感謝いたします。

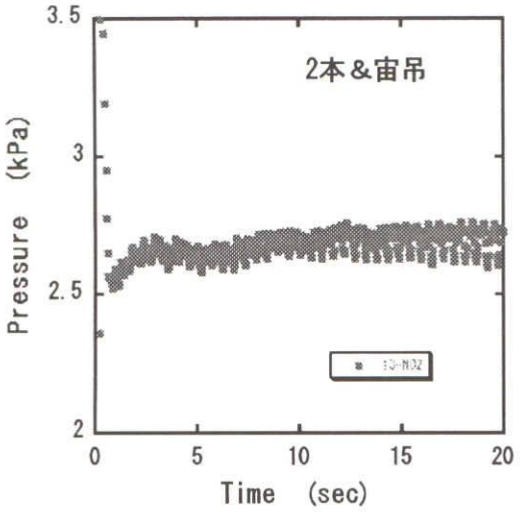

図 7. 圧力トランスミッタを宙吊りに変更

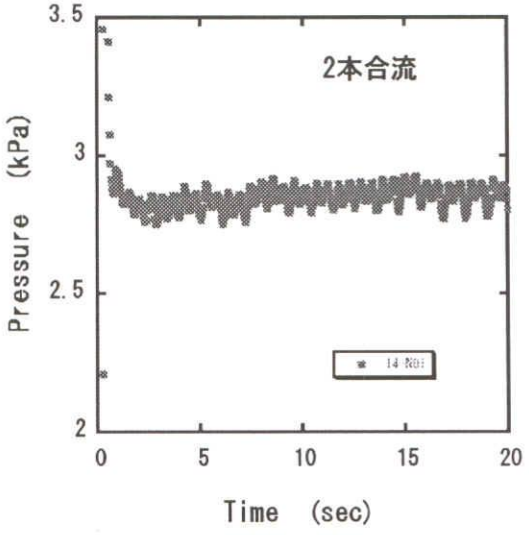

図 8. シリンジ 2 本から合流させて注入

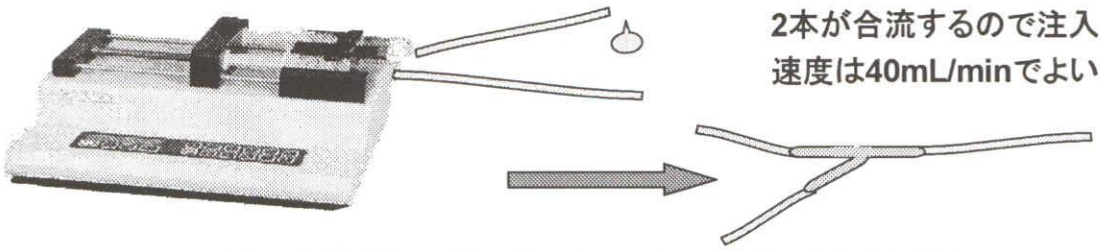

図 9. 脈動対策の実験では 2 本のシリンジを使った注入に変更